



(18)

Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

EP 1 394 373 A1

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
03.03.2004 Patentblatt 2004/10(51) Int Cl<sup>7</sup>: F01N 3/023, F01N 3/035,  
F01N 3/08

(21) Anmeldenummer: 02018981.7

(22) Anmeldetag: 27.08.2002

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR  
IE IT LI LU MC NL PT SE SK TR  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
AL LT LV MK RO SI

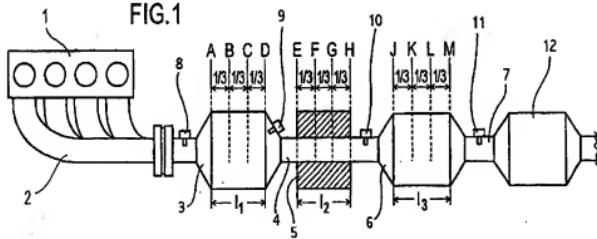
(71) Anmelder: AUDI AG  
85045 Ingolstadt (DE)(72) Erfinder: Odendal, Bodo  
86633 Neuburg (DE)

(54) Verfahren zum Aufheizen eines Russfilters bei einem Abgasanlagensystem eines Verbrennungsmotors-insbesondere eines Dieselmotors-mit wenigstens einem Katalysator und einem diesem in Strömungsrichtung nachgeordneten Russfilter zum Speichern des Russes

(57) Verfahren zum Aufheizen eines Rußfilters bei einem Abgasanlagensystem eines Verbrennungsmotors-insbesondere eines Dieselmotors-mit wenigstens einem Katalysator und einem diesem in Strömungsrichtung nachgeordneten Rußfilter zum Speichern des Ru-

Bes, bei dem der dem Rußfilter vorgeordnete Katalysator (6) soweit aufgeheizt wird, dass die aus dem Katalysator in den Rußfilter (12) eingeletzte Wärmemenge den Rußfilter soweit aufheizt, dass die Verbrennung des Rußes eingeleitet wird.

FIG.1



EP 1 394 373 A1

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Aufheizen eines Rußfilters bei einem Abgasanlagensystem eines Verbrennungsmotors - insbesondere eines Dieselmotors - mit wenigstens einem Katalysator und einem dieser in Strömungsrichtung nachgeordneten Rußfilter zum Speichern des Rußes.

[0002] Bei Dieselmotoren ist es bekannt, in der Abgasanlage Rußfilter einzusetzen. Um die Funktionsfähigkeit des Rußfilters zu gewährleisten, ist es erforderlich, den Rußfilter von Zeit zu Zeit auszutauschen oder zu regenerieren. Zur Regeneration ist es bekannt, den im Rußfilter angesammelten Ruß zu verbrennen. Da die hierfür im Rußfilter erforderliche Temperatur bei einem Dieselmotor - wenn überhaupt - nur sehr aufwendig vom Motor in den Rußfilter eingeletzt werden kann, ist es beispielsweise aus der DE 196 18 397 A1 bekannt, den angesammelten Ruß mit zusätzlichem Brennstoff zu befeuchten und somit die zum Verbrennen erforderliche Temperatur herabzusetzen. Dies ist nicht nur mit zusätzlichen Aufwand für die Brennstoffzufuhr, sondern

auch mit zusätzlichen Maßnahmen gegen ungewünschte Zündung im Rußfilterbereich verbunden.  
[0003] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, mit geringem Aufwand einen Rußfilter bei einem Abgasanlagen- system eines Verbrennungsmotors - insbesondere eines Dieselmotors - zur Einleitung der Verbrennung des Rußes aufzuheizen.

[0004] Erfüllungsweg wird die Aufgabe durch das Verfahren gemäß den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst, zum Aufheizen eines Rußfilters bei einem Abgasanlagensystem eines Verbrennungsmotors - insbesondere eines Dieselmotors - mit wenigstens einem Katalysator und einem dieser in Strömungsrichtung nachgeordneten Rußfilter zum Speichern des Rußes gemäß den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst, bei dem der Rußfilter vorgeordnete Katalysator soweit aufgeheizt wird, dass die aus dem Katalysator in den Rußfilter eingelegte Wärmemenge den Rußfilter soweit aufheizt, dass die Verbrennung des Rußes eingeleitet wird. In einfacher Weise kann hierdurch die zur Erleichterung der Rußverbrennung einleitende Wärme in baulicher Nähe zum Rußfilter und unabhängig von Anordnung und Ausbildung des Motors erzeugt werden. Hierzu können bereits bekannte, zuverlässige Varianten zur Aufheizung von Katalysatoren eingesetzt werden. Auch bei Dieselmotoren mit ihrer schlechten Eignung zur ausreichenden Wärmeleitung vom Motor in den Rußfilter ist das Verfahren einfach und zuverlässig ohne zusätzliche Kraftstoffeintragung in den Rußfilter anwendbar. Die Wärmeverluste sind durch die bauliche Nähe gering.

[0005] Bevorzugt ist das Verfahren zum Aufheizen eines Rußfilters bei einem Abgasanlagensystem eines Verbrennungsmotors - insbesondere eines Dieselmotors - mit wenigstens einem Katalysator und einem diesem in Strömungsrichtung nachgeordneten Rußfilter zum Speichern des Rußes, insoweit die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst werden.

Anspruch 2, bei dem der dem Rußfilter vorgeordnete Katalysator durch exotherme Reaktion in dem dem Rußfilter vorgeordneten Katalysator so weit aufgeheizt wird, dass die aus dem Katalysator in den Rußfilter eingelegte Wärmemenge den Rußfilter sowohl aufheizt, dass die Verbrennung des Rüdes eingeleitet wird. In einfacher Weise kann hierdurch die zur Einleitung der Rußverbrennung einleitende Wärme direkt in dem dem Rußfilter vorgeordneten Katalysator in baulicher Nähe zum Rußfilter und unabhängig von Anordnung und Ausbildung des Motors und von zusätzlichen Heizmitteln erzeugt werden. Die Wärmeverluste sind hierdurch besonders gering.

[0006] Besonders vorteilhaft ist das Verfahren zum Aufheizen eines Rußfilters bei einem Abgasanlagenstern eines Verbrennungsmotors - insbesondere eines Dieselmotors - mit mehreren in Abgasströmungsrichtung hintereinander angeordneten Katalysatoren und einem diesen nachgeordneten Rußfilter zum Speichern des Rußes gemäß den Merkmalen von Anspruch 3, wobei der in Strömungsrichtung nachgeordnete und dem Rußfilter unmittelbar vorgeordnete Katalysator dadurch aufgeheizt wird, dass die exotherme Reaktion aus einem in Strömungsrichtung vorgeordneten Katalysator insbesondere zur Einleitung einer Entzündung des nachgeordneten Katalysators - in den nachgeordneten Katalysatoren verlagert wird, und dass die Wärme aus dem Strömungsrichtung nachgeordneten und dem Rußfilter unmittelbar vorgeordneten Katalysator in dem Rußfilter eingeleitet wird. Auf diese Weise erfolgt gezielt die Aufheizung des stromabwärts nachgeordneten und dem Rußfilter vorgeordneten Katalysators. Energieverlust aufgrund eines Einleitens der Wärmeenergie durch Wärmeübertragung und der Wärmeleitung von außen und hiernach verbundene Gefahren des Überhitzen anderer Bauteile - insbesondere vorgeordnete Katalysatoren - werden vermieden. Da die Aufheizung lediglich durch die Verlagerung der exothermen Reaktion aus dem stromauwärts vorgeordneten Katalysator in den stromabwärts nachgeordneten Katalysator erfolgt werden lediglich Reaktionen genutzt, die ohnehin bereits bei der üblichen Abgasreinigung mit zwei in Strömungsrichtung hintereinander angeordneten Katalysatoren erfolgen. Somit kann in sehr einfacher Weise ohne zusätzliche Reaktionen und ohne zusätzliche Mittel zu Temperaturbegrenzung anderer Bauteile der stromabwärts nachgeordnete Katalysator - insbesondere zur Einleitung einer Entzündung des nachgeordneten Katalysators - und der diesem nachgeordnete Rußfilter zu einem Einleiten der Rußverbrennung aufgeheizt werden. Das Verfahren ermöglicht einen sehr geringen Energieverbrauch und somit verbrauchsarme Motoren.

[0007] Bevorzugt ist das Verfahren gemäß den Merkmalen von Anspruch 4, bei dem in einfacher Weise die Verlagerung durch eine  $\lambda$ -Regelung mit alternierendem Fett - Mager - Betrieb - Zyklus des Verbrennungsmotors und somit die Aufheizung des stromabwärts liegenden Katalysators gesteuert erzielt werden kann. Dabei

können die Abgasemissionen gesteuert und auf niedrigem Niveau gehalten werden.

[0008] Das Verfahren gemäß den Merkmalen von Anspruch 5 ist besonders vorteilhaft, da hierdurch sehr einfach die zur Abgasreinigung im Normalbetrieb der Abgasreinigung im stromauwärts angeordneten Katalysator durchgeführte Reduktion der Schadstoffe HC und CO in den stromabwärts angeordneten Katalysator verlagert wird, wodurch der stromabwärts angeordnete Katalysator aufgeheizt wird. Die Schadstoffe können unverändert abgebaut werden.

[0009] Bevorzugt wird  $\lambda$  zum Aufheizen so geregelt, dass für  $\lambda$  im zyklischen Fett-Betrieb während des Aufheizens gilt:  $0,95 \leq \lambda \leq 0,9$ . Hierdurch erfolgt durch den sehr fetten Betrieb in kurzer Zeit die Verlagerung der exothermen Reaktion in den stromabwärts angeordneten Katalysator, so dass die erforderliche Temperatur in kurzer Zeit erreicht wird.

[0010] Das Verfahren gemäß den Merkmalen von Anspruch 7 ermöglicht eine sehr empfindliche Regelung des Fett-Mager-Betriebszyklus' und somit sowohl die Aufheizung als auch die Abgaszusammensetzung. Bevorzugt sind die Verfahren gemäß den Merkmalen der Ansprüche 8 bzw 9, durch die die Abgasgrenzwerte zuverlässig eingehalten werden und dennoch eine einfache und betriebssichere Temperaturerhöhung erzielt werden kann.

[0011] Das Verfahren gemäß den Merkmalen von Anspruch 10 ermöglicht es, den Rußfilter zur Einleitung der Rußverbrennung aufzuheizen, ohne den Oxidationskatalysator zu überhitzen.

[0012] Das Verfahren gemäß den Merkmalen von Anspruch 11 ermöglicht es, besonders vorteilhaft die Rußgeneration zu fördern durch NO<sub>x</sub>-Bildung.

[0013] Die Erfindung wird im Folgenden anhand der Figuren 1 bis 7 am Beispiel eines direkteinspritzenden Dieselmotors beispielhaft näher erläutert. Hierin zeigen:

Figur 1 den schematischen Aufbau einer Abgasanlage eines direkteinspritzenden Diesel-

motors;

Figur 2,a,b zwei Diagramme zur Darstellung des Aufheizungsverhaltens der Abgasanlage von Figur 1 ohne die erfindungsgemäße Verlagerung der exothermen Reaktion in den stromabwärts angeordneten Katalysator, wobei

Figur 2a mit relativer Temperaturverteilung bei einer Geschwindigkeit von 200 km/h und

Figur 2b mit relativer Temperaturverteilung bei Tempo 120 km/h darstellt;

Figur 3 Darstellung zur Erläuterung des Funktionsprinzips der  $\lambda$ -Variation zur Aufheizung mit Darstellung der  $\lambda$ -Variation und

der hierdurch bedingten Veränderungen des O<sub>2</sub>-Speicherinhaltes des stromauwärts und stromabwärts angeordneten Katalysators;

5 Figur 4

Diagramm zur Darstellung der relativen Temperaturverteilung bei erfindungsgemäßer  $\lambda$ -Variation zur Aufheizung bei einer Geschwindigkeit von 120 km/h;

10 Figur 5

qualitative Darstellung der relativen Temperatur und der messbaren HC-Mengen in der Abgasanlage über der Länge der Abgasanlage im aufgeheizten Zustand;

15 Figur 6

Darstellung der Veränderung des relativen O<sub>2</sub>-Speicherinhaltes des stromauwärts und stromabwärts angeordneten Katalysators über der Zeit;

20 Figur 7

den schematischen Aufbau einer alternativen Ausführung einer Abgasanlage eines direkteinspritzenden Turbodieselmotors.

25

[0014] In Figur 1 ist eine Abgasanlage am Beispiel eines direkteinspritzenden Verbrennungsmotors nach Diesel-Bauart dargestellt. Aus dem Verbrennungsmotor 1 werden in bekannter Weise über Abgasrohre 2, einen Oxidationskatalysator 3, ein Abgasrohr 4, einen NO<sub>x</sub>-Adsorber 6 bzw. einen Dreiegekatalysator und einen Rußfilter 12 und ein Abgasrohr 7 die Abgase abgeleitet. Dem Oxidationskatalysator 3 vorgeordnet ist eine Breitwand-Lambdasonde 8 und nachgeordnet eine Lambdasonde 9 bekannter Art, durch welche Abweichungen des  $\lambda$ -Werts der Abgase vor und hinter dem Oxidationskatalysator 3 vom stöchiometrischen Wert  $\lambda = 1$  erfasst werden. Ebenso ist in bekannter Weise dem NO<sub>x</sub>-Adsorber 6 nachgeordnet eine Lambdasonde 11 angeordnet, welche Abweichungen des  $\lambda$ -Werts vom stöchiometrischen Wert  $\lambda = 1$  hinter dem NO<sub>x</sub>-Adsorber 6 erfasst. In bekannter Weise ist das Abgasrohr 4 zwischen dem Oxidationskatalysator 3 und dem NO<sub>x</sub>-Adsorber 6 optional durch einen Abgasküller 5 bekannter Art geführt und zur Erfassung der Eingangstemperatur des Abgases in den NO<sub>x</sub>-Adsorber 6 den NO<sub>x</sub>-Adsorber 6 vorgelagert ein Temperatursensor 10 angeordnet. Der Oxidationskatalysator 3 ist in bekannter Weise mit einer oberen Temperaturgrenze von 950°C, der NO<sub>x</sub>-Adsorber 6 mit einer oberen Temperaturgrenze von 750°C ausgelegt. Der Arbeitsbereich des NO<sub>x</sub>-Adsorber 6 liegt in bekannter Weise zwischen 250°C und 450°C.

45 [0015] Zur Erläuterung der Temperaturveränderungen wurde in Figur 1 der Oxidationskatalysator 3 in seiner Länge  $l_1$  in drei gleich lange Abschnitte aufgeteilt.

Die Position zu Beginn des Katalysators ist mit A, die Position nach einem Drittel der Länge  $l_1$  mit B, die Position nach zwei Dritteln  $l_1$  mit C und die Position am

Ende von  $l_1$  mit D bezeichnet. Ebenso ist der Abgaskühler 5 seiner Länge  $l_2$  nach in drei gleich lange Abschnitte unterteilt, wobei E den Eingang des Abgaskühlers 5, F die Position nach einem Drittel  $l_2$ , G die Position nach zwei Dritteln  $l_2$  und H die Position am Ende des Abgaskühlers 5 angibt. In gleicher Weise wurde der NO<sub>x</sub>-Adsorber 6 seiner Länge  $l_3$  nach in drei gleich lange Abschnitte unterteilt, wobei J die Position zu Beginn des NO<sub>x</sub>-Adsorbers 6, K die Position nach einem Drittel  $l_3$ , L die Position nach zwei Dritteln  $l_3$  und M die Position am Ausgang des NO<sub>x</sub>-Adsorbers 6 angibt.

[0016] Der in den Figuren 2a, 2b, 4 und 6 dargestellte zeitliche Temperaturverlauf kann beispielsweise mit Hilfe des Brennwertbeitrages ermittelt werden. Zur genaueren Bestimmung des Brennwertbeitrages in dem NO<sub>x</sub>-Adsorber 6 wird das  $\lambda$ -Signal vor dem Oxidationskatalysator 3 und nach dem NO<sub>x</sub>-Adsorber 6 herangezogen. Der Brennwertbeitrag in den NO<sub>x</sub>-Adsorber 6 ergibt sich aus dem Breitbandsignal der Lambdasonde 8 vor dem Oxidationskatalysator 3 und der Zelle, die zwischen dem Fett-Durchbruch der Lambdasonde 9 nach dem Oxidationskatalysator 3 und dem Fett-Durchbruch der Lambdasonde 11 nach dem NO<sub>x</sub>-Adsorber 6 liegt. Zur Vermeidung eines Fett-Durchbruchs wird eine maximale Zeit bis kurz vor dem Durchbruch für die Fett-Phase in einem Kennfeld über der Abgasmasse abgelegt. Mit dem Brennwertbeitrag in den NO<sub>x</sub>-Adsorber 6 und mit den mit dem Temperatursensor 10 gemessenen Temperaturen vor dem NO<sub>x</sub>-Adsorber 6 wird die Temperatur im NO<sub>x</sub>-Adsorber 6 berechnet.

[0017] Zur Diagnose kann die Zeit bis zum Fett-Durchbruch mit den im Kennfeld abgelegten Zeiten verglichen werden.

[0018] Die Figuren 2a und 2 b zeigen den zeitlichen Temperaturverlauf TA, TB, TC, TD, TH, TK, TL, TM in den Positionen A, B, C, D, H, K, L, M sowie beispielhaft für die Abgascharakteristika CO, HC und NO<sub>x</sub> den zeitlichen Verlauf der gemessenen CO-Werte am Eingang des Oxidationskatalysators 3, gemessen durch die Breitband-Lambdasonde 8, und den zeitlichen Verlauf der gemessenen CO-Werte im Anschluss an den NO<sub>x</sub>-Adsorber 6, gemessen durch die Lambdasonde 11, beim Versuch, ohne weitere Maßnahmen eine Temperaturerhöhung zu erzielen, um eine Desulfatierung einzuleiten.

[0019] In Figur 2a kann bei Vollast bei einer Geschwindigkeit von 200 km/h erkannt werden, dass die vom Verbrennungsmotor 1 in den motorischen Oxidationskatalysator 3 eingeleitete Verbrennungsenergie Temperaturen erzeugt, die ausgehend von der Eingangstemperatur TA im Oxidationskatalysator 3 in der Ebene A mit konstant 0,9 $T_{max}$  in den in Abgasförderrichtung nachgeordneten Positionen zu Beginn dieser reinen Motorauft�ufung noch unterhalb dieser Temperatur liegen, wobei bereits nach kurzer Zeit im Oxidationskatalysator 3 die Temperaturen TB, TC und TD aufgrund der exothermen Reaktionen im Oxidationskatalysator 3 auf Werte zwischen 0,9 $T_{max}$  und 0,95 $T_{max}$  an-

steigen. Etwas zeitverzögert werden auch die Temperaturen TK in der Position K, TL in der Position L und TM in der Position M des NO<sub>x</sub>-Adsorbers 6 aus dem optimalen Arbeitsbereich des NO<sub>x</sub>-Adsorbers 6 von 0,25  $T_{max}$  bis 0,45 $T_{max}$  angehoben und erreichen Werte bis zu 0,75 $T_{max}$ , so dass eine Einleitung der Rußverbrennung im direkten oberen Temperaturgrenzbereich bei diesem Vollastfall möglich ist.

[0020] Figur 2b zeigt die gleiche Abgasanlage bei dem gleichen Motor, jedoch im Teillastbetrieb bei einer Geschwindigkeit von 120 km/h.

[0021] Aus den Diagrammen kann erkannt werden, dass die Temperaturen TA, TB, TC, TD in den Ebenen A, B, C, D des Oxidationskatalysators 3 aufgrund der deutlich geringeren Eingangstemperatur TA nur noch Werte bis zu 0,75 $T_{max}$  annehmen und die Temperaturen TK, TL, TM in den Positionen K, L, M des NO<sub>x</sub>-Adsorbers 6 sich auf Temperaturwerte unter 0,55 $T_{max}$  einstellen. Eine Einleitung der Rußverbrennung im Teillastbereich findet somit nicht statt.

[0022] In den Figuren 3 bis 6 ist die erfundengemäße Aufheizung auf eine Temperatur zur Einleitung der Rußverbrennung einer in Figur 1 gezeigten Abgasanlage schematisch dargestellt. Zum Aufheizen des NO<sub>x</sub>-Adsorbers 6 und des Rußfilters 12 erfolgt eine kurze zyklische  $\lambda$ -Variation, wie sie in Figur 3 beispielhaft dargestellt ist. Hierzu wird nach festgelegten Fahrzyklen, beispielsweise 5000 oder 10000 km, nach welchen eine Einleitung der Rußverbrennung gewünscht ist, zur Aufheizung der Motor zyklisch fett bzw. mager betrieben. Die Zeitspanne zur Aufheizung soll möglichst minimiert werden. Beispielsweise beträgt sie zwischen 20 Sekunden und 2 Minuten je nach Last- und Anfangstemperatur des Rußfilters 12. Während der Zeitspanne der Fett-Phase  $\Delta t_f$  wird der Motor mit  $\lambda < 1$  betrieben, für welches gilt:  $0,95 < \lambda < 0,9$  beispielsweise 0,92. In der kurzen Zeitspanne  $\Delta t_m$  des Mager-Betriebs mit  $3 > \lambda > 1$ , wird möglichst viel O<sub>2</sub> in den Oxidationskatalysator 3 und in den NO<sub>x</sub>-Adsorber 6 eingetragen. Die Zeiten, in denen der Motor fett bzw. mager zu betreiben ist, sind in einem Kennfeld über der Gasentrittstemperatur, der Motorflutmasse und dem  $\lambda$ -Werten für den Fett- bzw. Mager-Betrieb abgelegt.

[0023] Wie in Figur 3 dargestellt ist, erfolgt entsprechend der  $\lambda$ -Variation ein zyklisches Be- und Entladen des Sauerstoffspeichers im Oxidationskatalysator 3 sowie im NO<sub>x</sub>-Adsorber 6, wobei die Beladung des Oxidationskatalysators 3 mit Beginn der Mager-Phase ( $\lambda > 1$ ) beginnt und die Entladung des Oxidationskatalysators 3 mit Beginn der Fett-Phase beginnt. Das Be- und Entladen des NO<sub>x</sub>-Adsorbers 6 ist gegenüber dem Zyklus des Oxidationskatalysators 3 phasenverschoben.

[0024] Figur 4 zeigt den Temperaturverlauf im Oxidationskatalysator 3 und im NO<sub>x</sub>-Adsorber 6 sowie die CO-Emissionsraten vor (CO EIN) und nach (CO AUS) der Abgasanlage bei Teillastbetrieb mit einer Geschwindigkeit von 120 km/h. Der Fett-Mager-Zyklus ist so gewählt, dass die Fett-Phase in diesem Beispiel  $\Delta t_f = 1,5$  Sekun-

den und die Mager-Phase  $M_m = 0,5$  Sekunden beträgt. Wie für die Positionen B, C, D des Oxidationskatalysators 3 und für die Positionen K, L, M des NO<sub>x</sub>-Adsorbers 6 von Figur 1 in Figur 4 deutlich zu erkennen ist, steigen die diesen Positionen zuzuordnenden Temperaturen TB, TC, TD, TK, TL, TM in den Fett-Phasen an. Die exotherme Verbrennung im NO<sub>x</sub>-Adsorber 6 führt somit bereits nach kurzer Zeit zu einem Temperaturanstieg auch der Temperaturen TK, TL, TM in einem Bereich oberhalb von 0,65·T<sub>max</sub>, durch die exotherme Verbrennung unter Ausnutzung des gespeicherten Sauerstoffs im Oxidationskatalysator 3 und im NO<sub>x</sub>-Adsorber 6. In dem dargestellten Beispiel wird während der Aufheizung ca. 50 Prozent der exothermen Verbrennungsbestandteile an CO und HC vom Oxidationskatalysator 3 in den NO<sub>x</sub>-Adsorber 6 verlagert. In den Mager-Phasen werden die Sauerstoffspeicher des Oxidationskatalysators 3 und des NO<sub>x</sub>-Adsorber 6 mit O<sub>2</sub> gefüllt. Somit wird durch die  $\lambda$ -Variation gemäß Figur 3 bewirkt, dass ein Teil des Restbrennwertes im fetten Abgas nicht im Oxidationskatalysator 3, sondern im NO<sub>x</sub>-Adsorber 6 in Wärme umgesetzt wird.

[0025] Die zeitliche Änderung des gespeicherten Sauerstoffs während des Fett-Mager-Zyklus' im Oxidationskatalysator 3 und im NO<sub>x</sub>-Adsorber 6 ist für einen Ausschnitt zwischen den Zeiten t = 45 Sekunden und t = 50 Sekunden aus Figur 4 in Figur 6 vergrößert dargestellt. In den Mager-Phasen, zum Beispiel zwischen den Zeiten t = 45,3 bis t = 46,0 Sekunden, werden die Sauerstoffspeicher des Oxidationskatalysators 3 und des NO<sub>x</sub>-Adsorbers 6 aufgeladen, wobei ausgehend von der Position B über die Position C und die Position D des Oxidationskatalysators 3 über die Positionen K, L, M des NO<sub>x</sub>-Adsorbers 6 von Figur 1 zeitverzögert die Aufladung erfolgt. In den Fett-Phasen, zum Beispiel zwischen den Zeiten t = 45,3 und t = 46,0 Sekunden, werden die Sauerstoffspeicher in der gleichen Reihenfolge wieder entleert. Es sind Fälle denkbar, in denen eine völlige Entleerung des Sauerstoffspeichers des NO<sub>x</sub>-Adsorbers 6 zu hohen Enddrehmomenten führen und gleichzeitig auch der hintere Teil des NO<sub>x</sub>-Adsorbers 6 überhitzt werden könnte. Der Sauerstoffspeicher des NO<sub>x</sub>-Adsorbers 6 wird deshalb - soweit diese Gefahr besteht - nicht vollständig entleert, sondern beispielsweise lediglich zu 30 Prozent.

[0026] Wie in Figur 4 zu erkennen ist, wird der Oxidationskatalysator 3 bei diesem Lastfall auf Temperaturen zwischen ca. 0,75·T<sub>max</sub> und 0,89·T<sub>max</sub> erhitzt und der NO<sub>x</sub>-Adsorber 6 auf Temperaturen zwischen 0,65·T<sub>max</sub> und 0,74·T<sub>max</sub>, so dass eine Einleitung der Rußverbrennung sicher durchgeführt werden kann. Die Rußverbrennung erfolgt in bekannter, nicht näher dargestellter Weise. Vom NO<sub>x</sub>-Adsorber 6 wird über das derart erhitzte Abgas auch der nachfolgend angeordnete Rußfilter 12 derart erhitzt, dass auch der darin gesammelte Ruß verbrannt wird.

[0027] Wie in Figur 4 zu erkennen ist, steigt der CO-Gehalt am Ende einer Fett-Phase hinter dem NO<sub>x</sub>-

Adsorber 6 geringfügig an. Dieses Zeichen des Fett-Durchbruchs durch den NO<sub>x</sub>-Adsorber 6 wird von der Lambdasonde 11 hinter dem NO<sub>x</sub>-Adsorber 6 festgestellt und bei Erreichen des vorgegebenen Schwellenwertes wird die Mager-Phase direkt eingeleitet. Ebenso wird ein Durchbrechen der Mager-Phase durch den NO<sub>x</sub>-Adsorber 6 von der Lambdasonde 9 erfasst. Bei Erreichen eines vorgegebenen Schwellenwertes wird direkt die Fett-Phase eingeleitet.

[0028] Figur 5 zeigt den qualitativen Temperaturverlauf und Abgasachsdotterverlauf am Beispiel von HC über der Länge des Abgassystems bei Erreichen der Desulfatierungstemperatur im NO<sub>x</sub>-Adsorber 6.

[0029] Obwohl in den oben genannten Ausführungen die Lambdasonde 11 zwischen NO<sub>x</sub>-Adsorber 6 und dem Rußfilter 12 angeordnet dargestellt ist, ist es ebenso möglich, die Lambdasonde 11 dem Rußfilter 12 nachgeordnet auszubilden. Ebenso ist es denkbar, die Lambdasonde 9 und/oder die Breitwand-Lambdasonde 8 den individuellen Anforderungen entsprechend an anderer geeigneter Stelle zu platzieren und gegebenenfalls durch andere geeignete Sensoren zu ersetzen oder bei ausreichender sonstiger Information über den Abgaszustand fallen zu lassen.

[0030] Figur 7 zeigt ein Ausführungsbeispiel, bei dem der Rußfilter 12 unmittelbar an den NO<sub>x</sub>-Adsorber 6 angreift.

[0031] In einer weiteren, nicht dargestellten Ausführung ist der Rußfilter 12 und der NO<sub>x</sub>-Adsorber 6 als ein gemeinsames Bauteil ausgebildet.

[0032] Obwohl in den oben genannten Ausführungen die Wärmezeugung zur Aufheizung des Rußfilters 12 über einen zwischen Oxidationskatalysator 3 und Rußfilter 12 angeordneten NO<sub>x</sub>-Adsorber 6 erfolgt, ist es ebenso möglich, anstelle des NO<sub>x</sub>-Adsorbers 6 zwischen Oxidationskatalysator 3 und Rußfilter 12 einen Drei-Wege-Katalysator bekannter Art anzudrücken, in dem über das oben beschriebene Verfahren der Variante des  $\lambda$ -Werts eine exotherme Reaktion erzeugt wird,

[0033] Soweit erforderlich, kann die  $\lambda$ -Variation auch zur Aufheizung des NO<sub>x</sub>-Adsorbers 6 auf Desulfatisierungstemperatur zwecks Einleitung einer Entschwefelung eingesetzt werden.

[0034] Auch wenn sich die dargestellten Beispiele auf die Abgasanlage eines Dieselmotors beziehen, ist das erfindungsgemäße Verfahren ebenso bei anderen Motoren mit ähnlicher Abgasproblematik, bei denen die Forderung zur Aufheizung zwecks Regeneration eines Rußfilters einsetzbar,

#### BEZUGSZEICHENLISTE

55 [0035]

1 Verbrennungsmotor

- 2 Abgasrohr  
 3 Oxidationskatalysator  
 4 Abgasrohr  
 5 Abgaskübler  
 6 NO<sub>x</sub>-Adsorber  
 7 Abgasrohr  
 8 Breitband-Lambdasonde  
 9 Lambdasonde  
 10 Temperatursensor  
 11 Kombinierter NO<sub>x</sub>- und O<sub>2</sub>-Sensor  
 12 Rußfilter

**Patentansprüche**

1. Verfahren zum Aufheizen eines Rußfilters bei einem Abgasanlagensystem eines Verbrennungsmotors - insbesondere eines Dieselmotors - mit wenigstens einem Katalysator und einem diesem in Strömungsrichtung nachgeordneten Rußfilter zum Speichern des Rußes,  
 dadurch gekennzeichnet,  
 dass der dem Rußfilter vorgeordnete Katalysator (5) soweit aufgeheizt wird, dass die aus dem Katalysator in den Rußfilter (12) eingeleitete Wärmemenge den Rußfilter soweit aufheizt, dass die Verbrennung des Rußes eingeleitet wird.
2. Verfahren zum Aufheizen eines Rußfilters bei einem Abgasanlagensystem eines Verbrennungsmotors - insbesondere eines Dieselmotors - mit wenigstens einem Katalysator und einem diesem in Strömungsrichtung nachgeordneten Rußfilter zum Speichern des Rußes gemäß den Merkmalen von Anspruch 1, dass der dem Rußfilter vorgeordnete Katalysator (6) durch exotherme Reaktion in dem dem Rußfilter vorgeordneten Katalysator (6) so weit aufgeheizt wird, dass die aus dem Katalysator in den Rußfilter (12) eingeleitete Wärmemenge den Rußfilter soweit aufheizt, dass die Verbrennung des Rußes eingeleitet wird.
3. Verfahren zum Aufheizen eines Rußfilters bei einem Abgasanlagensystem eines Verbrennungsmotors - insbesondere eines Dieselmotors - mit mehreren in Abgasströmungsrichtung hintereinander angeordneten Katalysatoren und einem diesen nachgeordneten Rußfilter zum Speichern des Rußes gemäß den Merkmalen von Anspruch 1 oder 2, dass der in Strömungsrichtung nachgeordnete und dem Rußfilter unmittelbar vorgeordnete Katalysator dadurch aufgeheizt wird, dass die exotherme Reaktion aus einem in Strömungsrichtung vorgeordneten Katalysator (3) - insbesondere zur Einleitung einer Entglühung des nachgeordneten Katalysators (6) - in den nachgeordneten Katalysator (6) verlagert wird, und dass die Wärme aus dem in Strömungsrichtung nachgeordneten und dem Rußfilter unmittelbar vorgeordneten Katalysator in den Rußfilter eingeleitet wird.
4. Verfahren gemäß den Merkmalen von Anspruch 3, wobei die Verlagerung durch eine  $\lambda$ -Regelung mit alternierendem Fett-Mager-Betriebs-Zyklus des Verbrennungsmotors erfolgt.
5. Verfahren gemäß den Merkmalen von Anspruch 3 oder 4, wobei  $\lambda$  zum Aufheizen so geregelt wird, dass der Fett-Betrieb mit  $\lambda < 1$  jeweils längere aufrechterhalten wird als das im Sauerstoffspeicher des stromabwärts angeordneten Katalysators (3) gespeicherte O<sub>2</sub> die Schadstoffe HC und CO umsetzen kann, so dass die Umsetzung zumindest teilweise durch das im Sauerstoffspeicher des stromabwärts angeordneten Katalysators (6) gespeicherte O<sub>2</sub> erfolgt, und wobei im Mager-Betrieb mit  $\lambda > 1$  die beiden Sauerstoffspeicher wieder gefüllt werden.
6. Verfahren gemäß den Merkmalen von Anspruch 4 oder 5, wobei  $\lambda$  zum Aufheizen so geregelt wird, dass für  $\lambda$  imzyklischen Fett-Betrieb während des Aufheizens gilt:  $\lambda = 0,95 \geq \lambda \geq 0,9$ .
7. Verfahren gemäß den Merkmalen von einem der Ansprüche 3 bis 6, wobei die Regelung des Fett-Mager-Betriebs-Zyklus mittels O<sub>2</sub>-Sensoren - insbesondere mittels  $\lambda$ -Sonden - erfolgt, die in einer dem stromabwärts angeordneten Katalysator (6) nachgeordneten Position Abgas überprüfen.
8. Verfahren gemäß den Merkmalen von Anspruch 7, wobei im Fett-Betrieb  $\lambda$  hinter dem stromabwärts angeordneten Katalysator (6) gemessen wird und bei Unterschreiten eines vorgegebenen oberen Schwellwertes für  $\lambda$  vom Fett-Betrieb auf Mager-Betrieb umgestellt wird.
9. Verfahren gemäß den Merkmalen von Anspruch 7 oder 8, wobei im Mager-Betrieb  $\lambda$  hinter dem stromabwärts angeordneten Katalysator (6) gemessen wird und beim Überschreiten eines vorgegebenen unteren Schwellwertes für  $\lambda$  vom Mager-Betrieb auf Fett-Betrieb umgestellt wird.
10. Verfahren gemäß den Merkmalen von einem oder mehreren der Ansprüche 3 bis 9, bei denen der vorgeordnete Katalysator (3) ein Oxidationskatalysator und der nachgeordnete Katalysator (6) ein NO<sub>x</sub>-Adsorber ist,  
 wobei der NO<sub>x</sub>-Adsorber (6) durch die Verlagerung der exothermen Reaktion aus dem Oxidationskatalysator (3) in den NO<sub>x</sub>-Adsorber (6) - insbesondere

11

EP 1 394 373 A1

12

auf Desulfatisierungstemperatur - aufgeheizt wird.

11. Verfahren gemäß den Merkmalen von einem oder mehreren der Ansprüche 3 bis 9,  
bei denen der vorgeordnete Katalysator (3) ein Oxi-  
dationskatalysator und der nachgeordnete Katalysator  
ein Drei-Wege-Katalysator mit Sauerstoff-  
speicher ist,  
wobei der Drei-Wege-Katalysator (6) durch die Ver-  
lagerung der exothermen Reaktion aus dem ersten  
Oxidationskatalysator (3) in den Drei-Wege-Kataly-  
sator aufgeheizt wird.

5

10

15

20

25

30

35

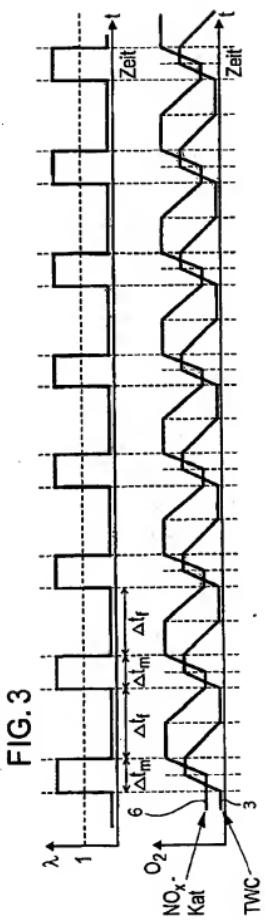
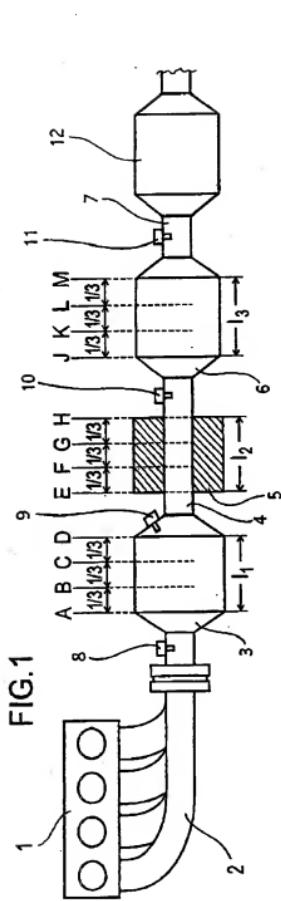
40

45

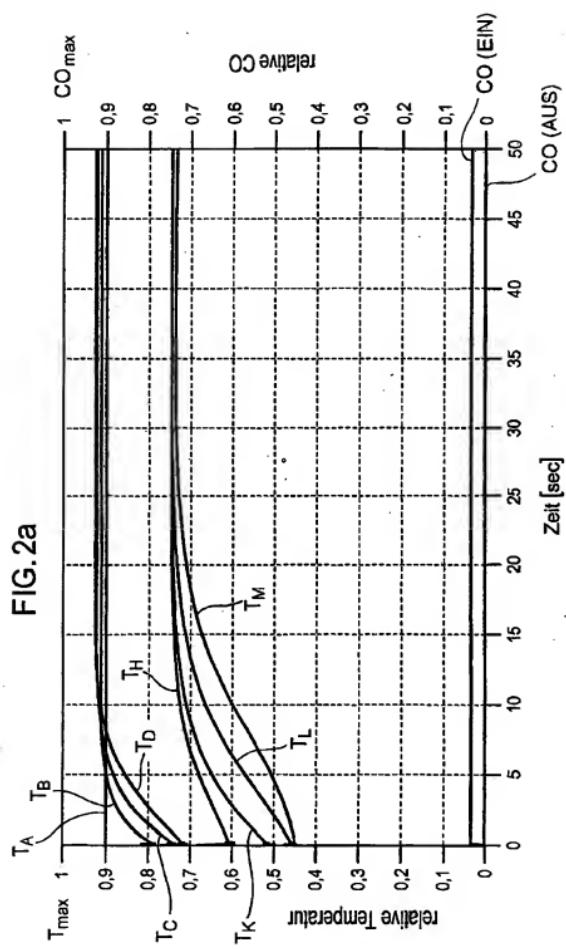
50

55

EP 1 394 373 A1

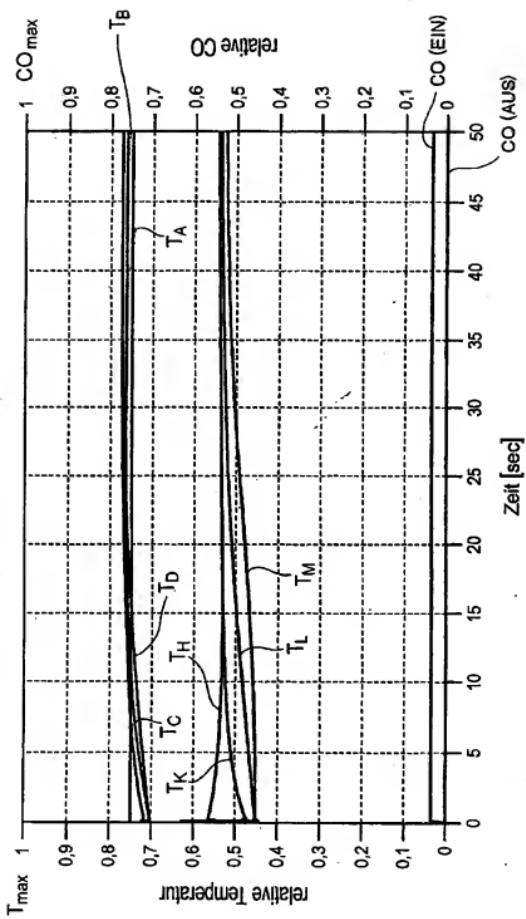


EP 1 394 373 A1



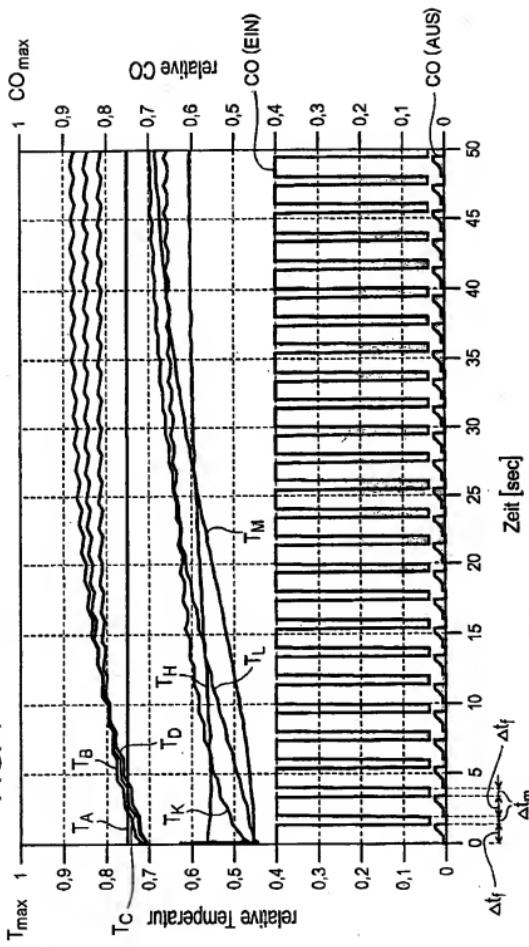
EP 1 394 373 A1

FIG.2b Stand der Technik



EP 1 394 373 A1

FIG. 4



EP 1 394 373 A1

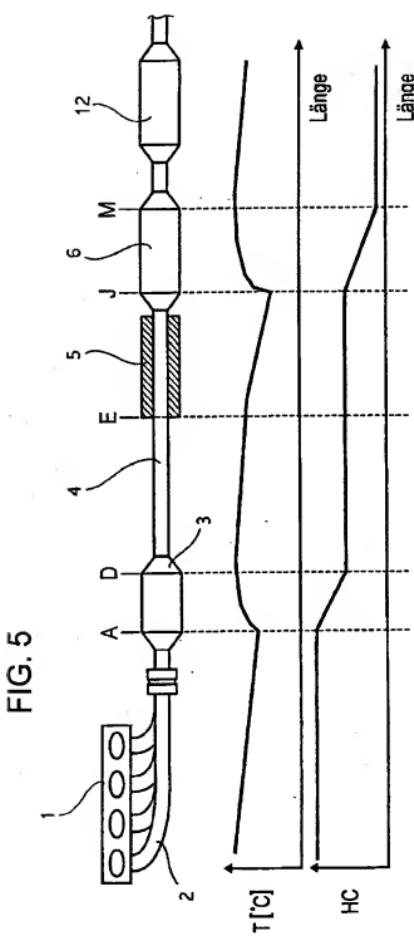
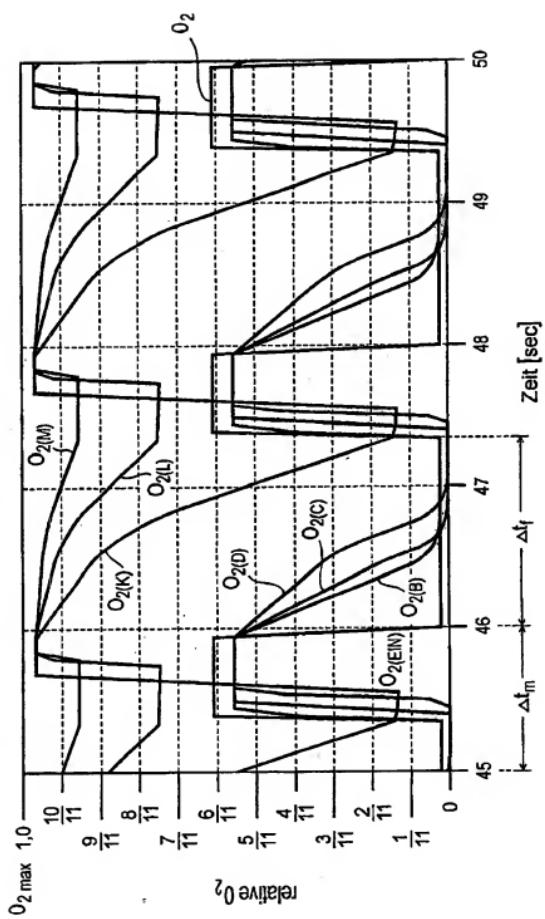


FIG. 5

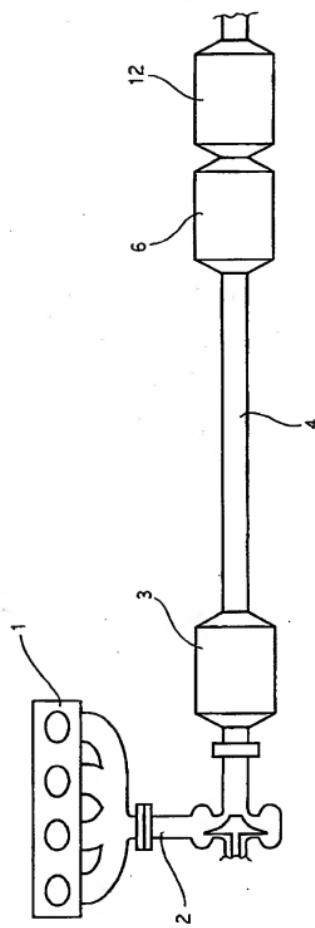
EP 1 394 373 A1

FIG. 6



EP 1 394 373 A1

FIG. 7



EP 1 394 373 A1

Europäisches  
Patentamt

## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 02 01 8981

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Bereit Anspruch	KLASSEFIKATION DER ANMELDUNG (HCL.)
X	DE 100 33 159 A (DAINLER CHRYSLER AG) 17. Januar 2002 (2002-01-17) * das ganze Dokument *	1,2	F01N3/023 F01N3/035 F01N3/08
X	WO 01 04466 A (CHANDER GUY RICHARD ; JOHNSON MATTHEY PLC (GB); WARREN JAMES PATRIC) 18. Januar 2001 (2001-01-18) * Ansprüche 1,2 *	1,2	
X	FR 2 774 427 A (PEUGEOT) 6. August 1999 (1999-08-06) * Anspruch 1; Abbildung 1 *	1,2	
X	FR 2 774 422 A (PEUGEOT) 6. August 1999 (1999-08-06) * Seite 2, Zeile 24 - Seite 3, Zeile 3 *	1	
X	US 5 207 990 A (SEKIYA YOSHIKI ET AL) 4. Mai 1993 (1993-05-04) * Spalte 1, Zeile 52 - Spalte 2, Zeile 23 *	1,2	
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1996, no. 06, 28. Juni 1996 (1996-06-28) & JP 08 042326 A (HINO MOTORS LTD), 13. Februar 1996 (1996-02-13) * Zusammenfassung *	1,2	F01N
A	US 2002/053202 A1 (AKAMA HIROSHI ET AL) 9. Mai 2002 (2002-05-09) * das ganze Dokument *	1-11	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für die Patentansprüche erstellt			
Rechercherort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
MÜNCHEN	18. Dezember 2002	Tatus, W	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X: von besonderer Bedeutung allein betrachtet	T: der Erfindung zugehörige Theorieien oder Grundsätze		
Y: von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung dieseshares Kategorie	E: älteres Patentdokument, das jedoch nicht am oder nach der Anmeldung entgegengestellt wird M:		
A: als Anwendung angesehen	D: in der Anmeldung entgegengestelltes Dokument		
O: nichtöffentliche Offenlegung	L: aus anderen Gründen angeführtes Dokument		
P: Zweitscheinrevidatur	B: Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument		

EP 1 394 373 A1

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 02 01 8981

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilie der in obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente aufgeführt.  
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
Diese Angaben dienen nur zur Orientierung und erfolgen ohne Gewähr.

18-12-2002

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
DE 10033159	A	17-01-2002	DE	18033159 A1	17-01-2002	
			FR	2811378 A1	11-01-2002	
WO 0104466	A	18-01-2001	EP	1194681 A1	18-04-2002	
			WO	0104466 A1	18-01-2001	
FR 2774427	A	06-08-1999	FR	2774427 A1	06-08-1999	
FR 2774422	A	06-08-1999	FR	2774422 A1	06-08-1999	
US 5207990	A	04-05-1993	JP	4041914 A	12-02-1992	
			DE	4117676 A1	05-12-1991	
JP 08042326	A	13-02-1996	KEINE			
US 2002053202	A1	09-05-2002	JP	2002153733 A	28-05-2002	

IPO/OKN/DOH1

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang: siehe Anschluss des Europäischen Patentamts, Nr.1262



US006823666B2

(12) United States Patent  
Odendall(10) Patent No.: US 6,823,666 B2  
(45) Date of Patent: Nov. 30, 2004

- (54) PROCESS FOR HEATING A SOOT FILTER IN AN EXHAUST GAS SYSTEM OF AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE, PARTICULARLY A DIESEL ENGINE, WITH AT LEAST ONE CATALYTIC CONVERTER AND A SOOT FILTER MOUNTED DOWNSTREAM FROM THE ENGINE FOR ACCUMULATION OF THE SOOT

(75) Inventor: Bodo Odendall, Neuburg (DE)

(73) Assignee: Audi AG (DE)

(\* ) Notice: Subject to any disclaimer, the term of this patent is extended or adjusted under 35 U.S.C. 154(b) by 0 days.

(21) Appl. No.: 10/441,056

(22) Filed: May 20, 2003

(65) Prior Publication Data

US 2004/004292 A1 Mar. 4, 2004

(30) Foreign Application Priority Data

Aug. 27, 2002 (EP) 02018861

51 Int. Cl.<sup>7</sup> F01N 3/00

52 U.S. Cl. 60/297; 60/274; 60/276;

60/285; 60/311; 423/213.7

58 Field of Search 60/274, 285, 286, 60/295, 297, 300, 303, 311, 276; 423/2169, 170, 171, 177; 423/213.2, 213.7

(56) References Cited

## U.S. PATENT DOCUMENTS

5,207,990 A 5/1993 Sekiya et al. .... 422/183

5,746,989 A *	5/1998	Murachi et al. ....	423/213.7
6,233,927 B1 *	5/2001	Hirota et al. ....	60/297
6,293,096 B1 *	9/2001	Khair et al. ....	60/286
6,304,815 B1 *	10/2001	Moral et al. ....	701/115
6,412,276 B1 *	7/2002	Salva et al. ....	60/285
6,546,721 B2 *	4/2003	Hirota et al. ....	60/297
2002/00353202 A1	5/2002	Akemoto et al. ....	60/297
2003/015859 A1 *	6/2003	Dreha ....	60/297
2003/0140620 A1 *	7/2003	Sleipigor et al. ....	60/286
2003/0167756 A1 *	9/2003	Szymkowicz ....	60/289

## FOREIGN PATENT DOCUMENTS

DE	196 18 397	11/1997	F01N/3/02
DE	100 33 159	1/2002	F01N/3/03
FR	2 774 422	8/1999	F01N/3/02
FR	2 774 427	8/1999	F02D41/50
JP	08042336	2/1996	F01N/3/02
WO	WO 01/04466	1/2001	F01N/3/021

\* cited by examiner

Primary Examiner—Tu M. Nguyen

(74) Attorney, Agent, or Firm—Stevens, Davis, Miller &amp; Mosher, LLP

## (57) ABSTRACT

A process for heating a carbon filter in an exhaust gas system of an internal combustion engine, in particular a diesel engine, with at least one catalytic converter and a carbon filter mounted downstream from the catalytic converter in the direction of flow for accumulating carbon. The catalytic converter mounted upstream from the carbon filter is heated to the extent that the amount of heat from the catalytic converter introduced into the carbon filter heats the carbon filter to the extent that combustion of the carbon is initiated.

17 Claims, 7 Drawing Sheets

